

ALTERNATIVAS DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL CONTROL DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS QUE AFECTAN A LA ACUICULTURA EN CHILE

Lissette Andrea Valenzuela González

RESUMEN

En Chile, la acuicultura es una importante actividad económica que tiene un gran impacto social y ambiental. De hecho, Chile se ha consolidado como uno de los principales productores mundiales de salmónidos en los últimos años. Este desarrollo se ha visto favorecido por ventajas propias del país relacionadas con las condiciones medio ambientales en las cuales se desarrolla esta actividad. Sin embargo, las especies en cultivo están expuestas a una serie de enfermedades que deben mantenerse controladas para asegurar la sustentabilidad del sector. Este control puede hacerse a través de buenas prácticas de manejo y también utilizando diversos agentes desinfectantes y quimioterapéuticos. Estos agentes han sido utilizados ampliamente por la industria salmonera sin la debida regulación, contribuyendo a la generación de resistencia microbiana y a la posible diseminación de ésta en el medio ambiente. Durante los años 2007 y 2008 se registró en Chile, un importante brote del virus de la anemia infecciosa del salmón, que produjo desastrosas consecuencias a nivel económico. Los estudios analizados indican que esto se produjo por un mal manejo de los centros, por no considerarse los factores ambientales asociados al proceso y por no aplicarse las medidas sanitarias necesarias para asegurar la sustentabilidad de la acuicultura. En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar las alternativas de manejo ambiental que pueden ayudar al control de las enfermedades infecciosas que afectan a la acuicultura en Chile. Palabras clave: acuicultura, salmonicultura, enfermedades infecciosas, antibióticos.

Laboratorio Clínico, Complejo Aisistencial Dr. Sótero del Río, Santiago, Chile.

ABSTRACT

In Chile, the aquaculture is an important economic activity with great social and environmental impact. In fact, Chile has become a leading worldwide producer of salmonids in the last years. This development has been benefited for advantages of the country related to environmental conditions in which this activity takes place. However, crop species are exposed to a number of diseases that must be kept in check to ensure the sustainability of the sector. This control can be done by applying good management practices and using various chemotherapeutic and disinfectant agents. These agents have been widely used by the salmon industry without proper regulation, contributing to the generation of antimicrobial resistance and the possible spread of it in the environment. During years 2007 and 2008, Chile was affected by the outbreak of infectious salmon anemia, which produced disastrous economic consequences. Some studies indicated that this was caused by mishandling of the centers, that did not consider the environmental factors associated with the process, and by not apply sanitary measures necessary to ensure the sustainability of aquaculture. In this context, the aim of this review is to analyze environmental management alternatives that can help control infectious diseases affecting aquaculture in Chile.

Keywords: aquaculture, salmoniculture, infectious diseases, antibiotics.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad que se ha desarrollado ampliamente en los últimos años en Chile. Está orientada a generar ingresos económicos y está basada en la aplicación de diferentes tecnologías de cultivo para el desarrollo de especies marinas de gran demanda para la alimentación humana. La acuicultura chilena se realiza principalmente en espacios marinos costeros y secundariamente en ambientes dulceacuícolas asociados a ríos y lagos. (CONAMA, 2007).

Los principales focos de desarrollo de la acuicultura están representados por los cultivos de salmónidos y mitílidos en la zona sur austral del país (X y XI regiones) y en la zona norte (III y IV regiones) donde se concentran mayoritariamente los cultivos de pectínidos y abalones (SubPesca, 2006). Sin embargo, el cultivo de salmónidos concentra la mayor parte de la producción. De hecho, durante las últimas dos décadas Chile se consolidó como un importante productor de salmón cultivado a nivel mundial

concentrando desde 1990 a 2008 un 31% de la producción mundial de salmón cultivado (Carreño, 2010).

Actualmente, la mayor parte de las industrias del rubro están de alguna manera afectadas por diversos factores. Algunas, como la industria del salmón, han sido gravemente abatidas por problemas sanitarios. Otras, como la industria del ostión, están perdiendo la batalla contra productores con condiciones ambientales superiores, como es Perú. La producción de rodaballo está estancada desde 1998 y sufre de problemas de costo de producción debido a deficiencias tecnológicas que se derivan de un estancamiento productivo, y de haber un solo productor en el país. La producción de macroalgas representada sólo por la producción de gracilaria, ha perdido su competitividad, y su cultivo está prácticamente detenido (Parada G., 2010).

Sin duda, uno de los principales problemas que ha debido enfrentar la acuicultura es la epidemia de la anemia infecciosa del salmón (ISA), que afecta gravemente a los salmónidos. Desde su aparición en Chile el año 2007, esta enfermedad trajo consigo una catástrofe sanitaria, ambiental y económica para la mayoría de las empresas salmoneras del país, y junto con ello enormes problemas sociales y laborales asociados (Carreño, 2010). Esta enfermedad no es la única que ha afectado a la industria salmonera chilena, que también ha sufrido a causa de otras enfermedades tales como la enfermedad bacteriana del riñón o BKD (1987); piscirickettsiosis o SRS (1989); necrosis pancreática Infecciosa o IPN (1997); caligiasis (2007), entre otras (Vasquez, 2007). Sin embargo, ninguna de las anteriores trajo consigo consecuencias de la magnitud de la provocada por el virus de la anemia infecciosa del salmón (ISAV), puesto que las otras, por tratarse de enfermedades bacterianas o parasitarias, pueden ser tratadas con productos químicos y/o antibióticos. Al respecto, otro problema grave que se presenta en Chile es la excesiva cantidad de antibióticos que se utiliza en la industria salmonera. De acuerdo a información solicitada por Fundación Oceana en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a Información Pública (Ley N° 20.285), la salmonicultura chilena utilizó entre los años 2006 y 2008 seiscientas veces más antibióticos que Noruega, su principal competidor (Carreño, 2010). Estas diferencias en el uso de antibióticos entre Chile y Noruega, indicarían importantes divergencias en la calidad del manejo sanitario de la salmonicultura en los dos países. Además, indican contrastes en la regulación del uso de antibacterianos por el Estado de Chile y de Noruega, responsables de esta ineludible y esencial tarea de salud pública. Los antibióticos, al ser empleados de manera profiláctica, prevenían temporalmente epizootias bacterianas; pero, como era de esperar, fueron completamente incapaces de prevenir las epizootias parasitarias y virales (Millanao y col., 2011). En estos casos, la utilización de un buen programa de manejo ambiental en conjunto con la aplicación rigurosa de las normas existentes, de los programas de

vigilancia y de la correcta fiscalización, parecen ser las mejores herramientas para combatir estas enfermedades y sus efectos en el medioambiente y en la salud humana.

Enfermedades infecciosas en la acuicultura

En los peces y otras especies acuáticas las enfermedades aparecen como respuesta a una condición de estrés que puede deberse a cambios por traslado de individuos, efectos medioambientales y densidad de individuos principalmente. En general, la enfermedad aparece cuando el patógeno encuentra las condiciones ambientales y fisiológicas del huésped que favorecen el desarrollo del patógeno (Vásquez, 2007).

Las enfermedades de mayor importancia para el sector acuícola son aquellas que afectan a los peces en cultivo. Los cultivos de moluscos también se ven afectados por algunas enfermedades, pero tienen una incidencia menor. Por otro lado, debido al gran volumen de individuos que implica el cultivo de peces y a la importancia que tiene esta actividad económica para nuestro país, es imprescindible disminuir la incidencia de las enfermedades y los costos derivados de éstas al máximo, de tal forma que el sector siga siendo altamente rentable, pero que a la vez sea sustentable y amigable con el medio ambiente. Lamentablemente las especies de salmónidos suelen verse afectadas por una variedad de enfermedades infecciosas de diferente etiología haciéndose imprescindible buenos métodos de monitoreo y control.

En los peces existen diferentes factores fisiológicos necesarios de considerar para poder prevenir y combatir las enfermedades infecciosas. La implementación de jaulas con mayor densidad de peces al principio trajo aumentos de productividad, pero al pasar el tiempo se ha visto que esta práctica ha favorecido enormemente la aparición y la diseminación de enfermedades infecciosas y que probablemente enfermedades tan dañinas como la anemia infecciosa del salmón, emergieron en nuestro país por no implementarse medidas eficientes de manejo ambiental y por incurrir en malas prácticas de higiene.

En los peces los efectos provocados por el estrés perturban: la respiración, la homeostasis, el metabolismo y la inmunidad por lo tanto es importante considerar que los peces y otras especies acuícolas “son animales sensibles y vivos y no simples productos alimenticios”. Todos los peces requieren energía, y este requerimiento energético se suple con una buena alimentación y oxigenación. Cualquier factor externo que provoque un desbalance fisiológico y el empobrecimiento de la calidad del agua o la falta de nutrientes esenciales provocará una condición de estrés que afectará la susceptibilidad del individuo a contraer una determinada enfermedad (Brown, 2000). Una vez que una enfermedad está establecida los tratamientos se basan fundamentalmente en la utilización

de desinfectantes, antifúngicos y antibióticos, de acuerdo a la etiología de la enfermedad. Adicionalmente, los laboratorios de investigación han desarrollado algunas vacunas que pueden ser utilizadas para prevenir algunas enfermedades (Bravo y col., 2005).

En relación con las enfermedades es importante distinguir dos términos comúnmente utilizados: incidencia y prevalencia. El primero se refiere a la aparición de una determinada enfermedad y el segundo al establecimiento de una patología en el tiempo. Para el primer caso se hace imprescindible establecer medidas de prevención de tal forma de evitar que la enfermedad aparezca si se conoce por ejemplo la existencia de ésta en otros sectores o regiones. Este tipo de planes preventivos deberían considerar tanto la etiología de la enfermedad como los factores ambientales y de manejo que contribuyen al establecimiento de la patología. Una vez la enfermedad ha aparecido es necesario establecer medidas de control y mitigación de manera de evitar altas tasas de mortalidad y controlar la expansión de la enfermedad a otras zonas (Brown, 2000).

Tipos de Enfermedades infecciosas que afectan a la acuicultura en Chile.

En Chile, las enfermedades responsables de las mayores pérdidas económicas en la industria del salmón son causadas por patógenos intracelulares, los cuales no son efectivamente controlados por los fármacos actualmente disponibles en el mercado. Además, el desarrollo de vacunas para estas patologías ha sido complejo (Bravo y col. 2005).

Las enfermedades están presentes en las distintas etapas de desarrollo de los organismos acuáticos sometidos a cultivos. Sin embargo, son los peces y crustáceos los que han sido severamente abatidos por los patógenos, trayendo consigo un gran impacto económico para la acuicultura mundial. La salmonicultura ha sido una de las actividades de cultivo más exitosas para Chile y las enfermedades han estado presentes en cada una de las etapas de desarrollo de estos peces (Tabla 7) (Bravo y col. 2005; Vásquez, 2007).

Entre las fuentes de microorganismos patógenos tenemos: los peces (principal fuente de microorganismos), mamíferos y pájaros (Ej. pájaros ictiófagos como *Ligula intestinalis*) y el medio ambiente. El medio acuático puede aportar bacterias y hongos capaces de causar enfermedades, estos son clasificados como gérmenes oportunistas (Ej. Flavobacterias, ciertas cepas de *A. hydrophilas*, *Saprolegnia*). En cuanto a la supervivencia de patógenos en el ambiente acuático tenemos que muchos parásitos metazoarios y protozoarios pueden sobrevivir por extensos períodos fuera del huésped. Parásitos protozoarios, tales como *Ichthyobodo necatrix* (Costia) o *Trichodina*, pueden sobrevivir en materia orgánica al fondo de estanques entre los huéspedes. Muchas bacterias pueden sobrevivir en agua por extensos períodos y su supervivencia aumenta

con la presencia de materia orgánica y las bajas temperaturas (Jarp y Karlsen, 1997). En el caso del ISAV, se ha reportado la presencia de este virus en salmónidos de vida libre, lo cual podría contribuir a la diseminación de este agente patógeno en el ambiente (Gonzalez, 2011)

Tabla 7. Listado de las principales enfermedades de peces en Chile (Vásquez, 2007)

	Bacterianas	Virales	Fúngicas	Parásitos
Agua dulce	Flavobacteriosis BKD	IPN	Saprolegniasis	Ich
Lagos	Flavobacteriosis BKD Yersiniosis Furunculosis atípica Francisellosis	IPN	Saprolegniasis	Ich Costiasis
Estuario	Flavobacteriosis BKD Estreptococosis Piscirickettsiosis	IPN	Micosis sistémica	Caligiasis
Mar	BKD Furunculosis atípica Vibriosis Piscirickettsiosis	IPN ISA	Micosis sistémica	Caligiasis

BKD: Enfermedad bacteriana del riñón; IPN: Necrosis pancreática infecciosa; ISA: Anemia infecciosa del salmón; Ich: Enfermedad del punto blanco

La transmisión a través del agua parece estar asociada con materiales biológicos tales como agua sanguinolenta desde las plantas de procesamiento. Se asume que muchos virus pueden sobrevivir como patógenos infectivos por un período fuera del huésped. Sin embargo, es difícil cuantificar los tiempos reales de supervivencia. La suciedad, fecas, mucus en redes de inmersión, bolsas de colección de muertos y buzos, son una importante ruta de diseminación para muchas enfermedades virales en balsas- jaulas en el mar (Jarp y Karlsen, 1997).

Por lo tanto, “*Las fuentes de microorganismos patógenos se diversifican cuando el piscicultor se aleja de las óptimas condiciones de explotación intensiva*”.

Evidentemente que las prácticas de acuicultura deben considerar los elementos del ambiente que pueden verse afectados por estas prácticas. Manteniendo buenas condiciones ambientales, se lograrán mantener controladas gran parte de las enfermedades.

Alternativas de manejo para el control de las enfermedades infecciosas en la acuicultura

En el caso de los patógenos, estos utilizan diferentes estrategias de sobrevivencia, por lo que están continuamente variando su patogenicidad y poder infectivo, dificultando su manejo y control. Tradicionalmente, la forma de enfrentar las enfermedades ha sido a través del uso masivo de antibióticos y desinfectantes, poniéndose mas tarde énfasis en medidas de prevención. Hoy en día, prácticamente todas las empresas cuentan con patólogos que monitorean las distintas fases de cultivos, aplicando medidas de profilaxis sanitaria, desinfecciones y utilizando antibióticos y vacunas. Los laboratorios de ictiopatología, por su parte, se han especializado en el diagnóstico de enfermedades e identificación de patógenos. Por otro lado, laboratorios universitarios y privados que realizan investigación científica, apuntan al mejor conocimiento de la etiología de las enfermedades y a la incorporación de tecnologías modernas para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control de las patologías. En lo que viene, expertos del sector afirman que será importante el desarrollo de cepas con resistencia a enfermedades y por supuesto las medidas de prevención. (SubPesca, 2008).

En los últimos años se han implementado, por parte de la autoridad, varios programas de vigilancia y control de las enfermedades que afectan a la salmonicultura y se han hecho modificaciones a los reglamentos sanitarios y medioambientales existentes, sin embargo todo el esfuerzo se ha centrado preferentemente en bajar la incidencia de ISAV y *Caligus rogercrosseyi* con una visión mas bien económica, pero no se ha hecho un enfoque ecosistémico global que considere el equilibrio ambiental y la correcta recuperación de los lugares afectados. En general, el grave problema ocasionado por la anemia infecciosa del salmón se ha enfrentado realizando estudios públicos y privados que tratan principalmente sobre la prevalencia de ISAV en diferentes centros, el origen de las cepas analizadas y las posibles medidas de control que se podrían aplicar siguiendo el ejemplo de países como Noruega, Estados Unidos y Canadá. Sin embargo, la atención se centra fundamentalmente en temas de manejo dentro de los centros una vez que la enfermedad está presente y de cómo evitar su propagación. Mucho menor énfasis se le ha dado a los aspectos relacionados con medidas preventivas que consideren el medioambiente en donde se encuentra cada centro, los factores medioambientales que

podrían estar favoreciendo la aparición de la enfermedad, y a las interacciones con otras especies en especial de la flora y fauna nativa del lugar. Tampoco se han planteado posibles estudios que relacionen el cambio en el componente microbiano, producto del gran depósito de sedimentos, acumulación de materia orgánica y acumulación de sustancias químicas que alteran las características ecológicas y los ciclos biogeoquímicos que ocurren en los lugares donde se han establecido los centros. Otro aspecto importante que no ha sido abordado en profundidad, es la contribución del *biofouling* que se genera en las redes y que muchas veces puede ser una fuente potencial de patógenos y de microorganismos que transmiten resistencia a los antibióticos.

En relación con el control de las enfermedades infecciosas son fundamentales las medidas preventivas. Para su establecimiento es importantísimo conocer las características del agente patógeno y del sistema inmune de los animales afectados. Al respecto debemos considerar que los estudios realizados en el extranjero no siempre son extrapolables a nuestra realidad por lo cual se hace necesario establecer potentes líneas de investigación que respondan las dudas que existen a cerca de los mecanismos de acción de patógenos aislados en Chile utilizando adecuados modelos de estudio. Es imprescindible establecer líneas bases ambientales, que den cuenta del estado actual de zonas consideradas aptas para la acuicultura de tal forma que se puedan evaluar los efectos que genere una posterior instalación de centros de cultivo. En cuanto a la epidemiología de las enfermedades, las líneas de investigación deberían enfocarse a los mecanismos de resistencia a los antibióticos, a la búsqueda de nuevos productos terapéuticos, en especial de origen natural, en la posible transmisibilidad de resistencia tanto a especies patógenas para los seres humanos como a especies nativas y en la prevalencia de los patógenos en el ambiente.

En general, cualquier manejo que permita reducir el estrés y mantener la salud óptima de los peces, probablemente reducirá el impacto negativo de la enfermedad. Es ampliamente conocido que peces mal esmoltificados o peces enfermos son más susceptibles a la infestación por *Lepeophtheirus salmonis*. Además, el hacinamiento y la pobre calidad de agua también se reportan como factores que predisponen al desarrollo de enfermedades parasitarias (Rozas y Asencio, 2007). La separación por clases anuales es una técnica muy efectiva, que puede reducir sustancialmente la tasa de infestación de peces juveniles ingresados y es utilizada en forma exitosa por la industria escocesa, noruega e irlandesa (Grant y Treasurer, 1993; Rae, 2002). El descanso de los sitios antes del ingreso de un nuevo ciclo productivo puede reducir la tasa de infestación producto de una menor presión de infestación, estipulando un período de descanso suficientemente largo para asegurar que todas las etapas infecciosas de los parásitos mueran debido a la ausencia de huéspedes (Bron y col., 1993; Grant y Treasurer, 1993; Rae, 2002). La

efectividad de estas prácticas de manejo dependen, sin embargo, de la ausencia de huéspedes silvestres y/u otros sitios afectados dentro de la distancia de traslado de las etapas libres de parásitos.

En situaciones donde la separación de clases anuales y/o el período de descanso no es posible, el tratamiento de los peces ya residentes en el sitio, antes del ingreso de otros, reducirá la tasa de infestación en los recién introducidos. La limpieza o cambio frecuente de las mallas o la aplicación de cualquier técnica que aumente el flujo del agua a través de la jaula resultaría en bajas tasas de infestación, debido a la remoción de estadios infestantes del sitio y la mantención de peces sanos. Se ha demostrado que el *fouling* de las mallas resulta en retención de altos números de estados naupliares y copepoditos de *L. salmonis* dentro de la jaula (Costelloe y col., 1996), y probablemente es un lugar apto para la adhesión y colonización de muchas bacterias y otros agentes patógenos. Además, es sabido que en el caso de las bacterias la adhesión a ciertas estructuras favorece enormemente la transferencia de determinantes de resistencia entre cepas de la misma especie como con otras especies. Al respecto, aun hacen falta estudios científicos que analicen en forma más amplia la influencia del *biofouling* en la incidencia de enfermedades infecciosas en la acuicultura.

Dado que es posible importar ovas, en Chile se dispone de peces durante todo el año. La importación continua de ovas puede introducir enfermedades y otros organismos que podrían tener enormes consecuencias ambientales y productivas. En Chile, la importación de ovas mantiene una tendencia de crecimiento para el salmón del Atlántico, aunque no así para otras especies, incrementándose recientemente las medidas de protección (prácticas de cuarentena). Hay algunas enfermedades para las cuales está comprobada la transferencia vertical de la infección, sin embargo para enfermedades actuales tan relevantes como la anemia infecciosa del salmón aun no se conocen con certeza los mecanismos de infección, por lo cual el chequeo de las ovas y el establecimiento de buenas medidas de bioseguridad constituyen factores importantísimos a considerar para controlar la diseminación de la enfermedad. En este contexto, las recientes investigaciones apoyadas por FONDEF han permitido producir esmolt durante todo el año, manipulando factores como temperatura y fotoperíodo (Bauschmann, 2001). Este ejemplo demuestra que podemos desarrollar alternativas tecnológicas ambientalmente amigables sólo con la existencia de equipos de investigación creativos.

Además del desarrollo de tecnologías que permiten disipar nutrientes, de mejorar la calidad de los alimentos y la eficiencia de asimilación por parte de los organismos cultivados, diferentes estudios se han llevado a cabo con el fin de evaluar el potencial de reciclaje de estos desechos por parte de otros cultivos. Este modelo de acuicultura integrada fue inicialmente presentado por Folke y Kautsky (1992). El modelo describe un

sistema de policultivos con componentes biológicos interactivos, como peces - moluscos, filtradores – y algas, y su relación con escurrimientos terrestres. Este modelo conceptual simple, coloca a la acuicultura dentro de una perspectiva ecológica, donde los desechos de uno de los componentes son utilizados como recurso por otro de los componentes, reduciendo con ello los efectos ambientales e incrementando la producción de animales y algas. Intuitivamente parece promisorio integrar bivalvos y algas cerca del cultivo de balsas jaulas, pero sin embargo, éstas pueden tener problemas de éxito en la práctica (Troell y col., 1999). Estudios en esta misma dirección se han realizado en sistemas de agua dulce donde se propone que el molusco bivalvo de agua dulce *Diplodon chilensis*, pueda ser usado para reciclar el material orgánico que sedimenta (Soto y Mena, 1999; Bauschmann, 2001).

El uso de algas integradas a sistemas de peces ha sido estudiado en sistemas abiertos en Canadá (Petrell y Alie, 1996), USA (Chopin y col., 1999) y Chile (Troell y col., 1997). Experiencias de co-cultivos del alga *Gracilaria chilensis* cercanas a balsas jaulas de salmones han permitido demostrar que éstas pueden utilizar los nutrientes disueltos como un recurso y, al mismo tiempo, reducir el riesgo de eutroficación en zonas costeras (Troell y col., 1997).

CONCLUSIONES

Debe reconocerse la existencia de variados esfuerzos, desde un punto de vista ambiental, que la industria acuícola y la autoridad competente han realizado en relación al uso de alimentos menos contaminantes y a la implementación de nuevas medidas sanitarias especialmente en la industria del salmón. Sin embargo, se requieren mayores esfuerzos para eliminar el uso de compuestos tóxicos y no biodegradables; extender el uso de antibióticos solubles y/o fotodegradables; tratar las enfermedades con vacunas inyectables y antibióticos de alta especificidad, desarrollar métodos de control biológico y desarrollar métodos alternativos de control de patógenos. Estas medidas contribuirán enormemente en la disminución de la incidencia de enfermedades y ayudarán a evitar la generación de resistencia por parte de los patógenos.

La regulación en el control de los antibacterianos utilizados en acuicultura no solo tiene importancia debido al efecto que estos pueden generar en el ambiente y en la fauna nativa, si no que también se ha visto que el uso indiscriminado de antibióticos puede generar resistencia a algunos antibacterianos. Un problema grave lo constituye el uso de quinolonas en acuicultura ya que este grupo de antibióticos es una de las últimas líneas de acción terapéutica en los seres humanos, por lo que la diseminación de determinantes de

resistencia a quinolonas en el ambiente podría repercutir en un grave problema de salud pública en el futuro. Por lo tanto, no solo es necesario hacer un seguimiento de los residuos de antibióticos en los alimentos si no que también en otras matrices como sedimento y agua (Marchant, 2007).

Normalmente se indica que la disponibilidad de aguas libres de contaminación, es uno de los aspectos relevantes que explican la alta competitividad de la acuicultura en Chile, sin embargo la expansión de esta misma actividad sin tomar los resguardos necesarios que permitan conservar la calidad de las aguas y con ello permitan entre otras cosas reducir el riesgo de contraer enfermedades hará que la industria se vuelva cada vez menos rentable y sustentable en el tiempo. El creciente requerimiento de espacio para cultivo obligará a ocupar zonas cada vez más apartadas de los centros urbanos mejor equipados, por lo que se prevé con claridad una fuerte presión por concesiones ubicadas en zonas costeras y más expuestas de la XI y XII Regiones. Por lo tanto, no solo deberíamos considerar la aplicación de medidas preventivas considerando los estándares internacionales que los mismos consumidores extranjeros como la comunidad europea exigen a la industria, si no que como país deberíamos establecer una política que promueva el desarrollo de la industria pero que a la vez resguarde el patrimonio y considere la vulnerabilidad de los ecosistemas de tal manera que esta actividad pueda desarrollarse en Chile con el menor costo posible para el medio ambiente y sin perjuicio de otras actividades productivas como la pesca artesanal o el turismo.

REFERENCIAS

CONAMA, Documento Acuicultura y medio ambiente elaborado por la dirección ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Gobierno de Chile. 2007.

SubPesca, 2006. Informe ambiental de la acuicultura, elaborado por el departamento de acuicultura, Subsecretaría de Pesca, Gobierno de Chile.

CARREÑO, A. Impacto del virus ISA en Chile. Publicaciones Fundación Terram, ADCE N°55, 2010.

PARADA G. Tendencias de la acuicultura mundial y las necesidades de innovación de la acuicultura chilena. Informe para el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. 2010.

VÁSQUEZ, S. Principales enfermedades de salmones en Chile. Curso de Especialización en Ictiopatología Depto. de Patología y Medicina Preventiva, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Concepción. 2007.

MILLANAO, A., BARRIENTOS, M., GÓMEZ, C., TOMOVA, A., BUSCHMANN, A., DÖLZ, H. Y CABELLO, F. Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: Salud pública y salmonicultura en Chile. Rev. Med. Chile 139: 107-118. 2011.

BROWN, L. Acuicultura para Veterinarios, Producción y Clínica de Peces. Editorial: Acribia, S.A. 2000.

BRAVO, S., DÖLZ, H., SILVA, M.T., LAGOS, C., MILLANAO, A. Y URBINA, M. Informe Final “Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura”. Universidad Austral de Chile, Facultad de pesquerías y Oceanografía Instituto de acuicultura, Chile. Proyecto N° 2003-28. 2005.

MARCHANT, E. Epidemiología general de las enfermedades provocadas por patógenos. Curso de especialización en ictiopatología. Depto. de Patología y Medicina Preventiva, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Concepción. 2007.

JARP J. Y KARLSEN, E. Infectious salmon anaemia (ISA) risk factors in sea-cultured Atlantic salmon *Salmo salar*. Dis. Aquat. Org. 28: 79-86. 1997.

GONZALEZ, R.R., RUIZ, P., LLANOS-RIVERA, A., CRUZAT, F., SILVA, J., ASTUYA, A., GRANDÓN, M., JARA, D. Y ABURTO, C. ISA virus outside the cage: Ichthyofauna and other possible reservoirs to be considered for marine bio safety management in the far-southern ecosystems of Chile. Aquaculture 318: 37-42. 2011.

SubPesca, 2008 Documento Informativo Anemia Infecciosa del Salmón en Chile (Virus ISA) Abril 2008.

ROZAS, M. Y ASECIO, G. Evaluación de la situación epidemiológica de la Caligiasis en Chile: Hacia una estrategia de control efectiva. SalmoCiencia Año 2, N°1, 43-59. 2007.

GRANT, A.N. Y TREASURER, J.W. The effects of fallowing in caligid infestations on farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Scotland. In GA Boxshall, D Defaye, eds. Pathogens of wild and farmed fish: sealice. Chichester, UK: Ellis Horwood, pp. 255-260. 1993.

RAE, G.H. Sea louse control in Scotland, past and present. Pest. Manag. Sci. 58: 515-520. 2002.

BRON, J.E., SOMMERVILLE, C., WOTTEN, R. Y RAE, G.H. Fallowing of marine Atlantic salmon, *Salmo salar*, farms as a method for the control of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*. J. Fish Dis. 16:487-493. 1993.

COSTELLOE, M., COSTELLOE, J. Y ROCHE, N. Planktonic dispersion of larval salmon-lice, *Lepeophtheirus salmonis*, associated with cultured salmon, *Salmo salar*, in Western Ireland. J. Mar. Biol. Assoc. UK 76: 141-149. 1996.

BUSCHMANN, A. Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo. Publicaciones Terram. 2001.

FOLKE, C. Y KAUTSKY, N. Aquaculture with its environment: prospects for sustainability. Ocean & Shoreline Management, 17: 5-24. 1992.

TROELL, M., KAUTSKY, N. Y FOLKE, C. Applicability of integrated coastal aquaculture systems. Ocean and Coastal Management 42: 63-69. 1999.

SOTO, D. Y MENA, G. Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. Aquaculture, 171: 56-81. 1999.

PETRELL, R.J. Y ALLIE, S.Y. Integrated cultivation of salmonids and seaweeds in open systems. Hydrobiologia 326/327: 67-73. 1996.

CHOPIN, T., YARISH, C., WILKES, R., BELYEA., LU, S. Y MATHIESON, A. Developing Porphyra/salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. Journal of applied Phycology, 11: 463- 472. 1999.

TROELL, M., P., HALLING, C., NILSSON, A., BUSCHMANN, A., KAUTSKY, N. Y
KAUTSKY, L. Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales,
Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased
economic output. Aquaculture, 156: 45-61. 1997.